

AMRONA AG
Untermüli 7
6302 Zug
Schweiz

29. Dezember 2004
M/AMR-017-PC
MB/RU/TR/ck

"Inertisierungsverfahren und Vorrichtung zum Löschen eines Brandes"

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Inertisierungsverfahren zum Löschen eines Brandes in einem umschlossenen Raum (im folgenden auch „Zielraum“ genannt), bei welchem der Sauerstoffgehalt in dem umschlossenen Raum innerhalb einer vorgebbaren Zeit auf ein bestimmtes Inertisierungsniveau abgesenkt wird, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens, wobei die Vorrichtung zumindest einen Sauerstoff-/Inertgas-Sensor zum kontinuierlichen Messen des Sauerstoffgehaltes und/oder des Inertgas-Gehaltes in dem Zielraum; zumindest einen Branddetektor zum Erfassen von zumindest einer Brandkenngroße in dem Zielraum; eine Inertgas-Einrichtung zum Inertisieren des Zielraumes mit einem Sauerstoff verdrängenden Inertgas; und eine Steuer-/ Regeleinrichtung zum Steuern der Inertgas-Einrichtung derart, dass nach dem Erfassen einer Brandkenngroße durch Inertisieren des Zielraumes die Sauerstoffkonzentration im Zielraum auf ein bestimmtes Inertisierungsniveau abgesenkt wird, aufweist.

Es ist bekannt, in geschlossenen Räumen einen Brand dadurch zu bekämpfen, dass die Sauerstoffkonzentration in dem betroffenen Bereich auf einen Wert von im Mittel etwa 12 Vol.-% abgesenkt wird. Bei dieser Sauerstoffkonzentration können sich die meisten brennbaren Materialien nicht mehr entzünden. Die bei diesem Verfahren resultierende Löschwirkung beruht auf dem Prinzip der Sauerstoffverdrängung. Die normale Umgebungsluft besteht bekanntlich zu 21 Vol.-% aus Sauerstoff, zu 78 Vol.-% aus Stickstoff und zu 1 Vol.-% aus sonstigen Gasen. Zum Löschen wird durch Einleiten von beispielsweise reinem Stickstoff als Inertgas die Stickstoffkonzentration in dem betreffenden Raum weiter erhöht und damit der Sauerstoffanteil verringert. Eine Löschwirkung setzt ein, wenn der Sauerstoffanteil unter etwa 15 Vol.-% absinkt. Abhängig von den in dem betreffenden Raum vorhandenen brennbaren Materialien kann ein weiteres Absenken des Sauerstoffanteils auf beispielsweise die genannten 12 Vol.-% erforderlich sein.

BEST AVAILABLE COPY

Bei dieser „Inertgaslöschtechnik“, wie das Fluten eines brandgefährdeten oder im Brand befindlichen Raumes durch Sauerstoff verdrängende Gase, wie Kohlendioxid, Stickstoff, Edelgase und Gemische daraus, genannt wird, werden die Sauerstoff verdrängenden Gase
5 bzw. Inertgase entweder in Stahlflaschen komprimiert gelagert oder bei Bedarf mittels eines Generators erzeugt. Im Brandfall wird dann das Gas über Rohrleitungssysteme und entsprechende Austrittsdüsen in den betreffenden Zielraum geleitet.

Der zeitliche Verlauf einer mittels eines Inertisierungsverfahrens bewirkten Brandbe-
10 kämpfung unterteilt sich im Wesentlichen in zwei Phasen, die Brandbekämpfungsphase und die Rückzündungsverhinderungsphase. Die Brandbekämpfungsphase ist die Phase, während welcher der Zielraum mit einem Sauerstoff verdrängenden Gas geflutet wird, um in dem Zielraum eine löschfähige Konzentration des eingeleiteten Inertgases zu erreichen. Die löschfähige Konzentration wird gemäß dem VdS als Konzentration definiert,
15 bei der ein Brand mit Sicherheit auszuschließen ist. Die löschfähige Konzentration liegt unterhalb des sogenannten Rückzündungsverhinderungsniveaus und entspricht zum Beispiel bei EDV-Bereichen, elektrischen Schalt- und Verteilerräumen, umschlossenen Einrichtungen sowie bei Lagerbereichen mit Wirtschaftsgütern einer Sauerstoffkonzentration von etwa 11,2 Vol.-%.

20 Für die Brandbekämpfungsphase ist gemäß VdS (VdS = Verband der Schadenversicherer) vorgesehen, dass innerhalb von 60 Sekunden ab Flutungsbeginn die Sauerstoffkonzentration ein sogenanntes Rückzündungsverhinderungsniveau erreichen muss. Das Rückzündungsverhinderungsniveau ist eine Sauerstoffkonzentration, bei der ein (erneutes) Ent-
25 zünden der im Zielraum vorhandenen Materialien gerade ausgeschlossen wird. Die Sauerstoffkonzentration des Rückzündungsverhinderungsniveaus ist von der Brandlast des Zielraumes abhängig und liegt beispielsweise bei EDV-Bereichen, elektrischen Schalt- und Verteilerräumen, umschlossenen Einrichtungen sowie bei Lagerbereichen mit Wirtschaftsgütern bei einer Sauerstoffkonzentration von etwa 13,8 Vol.-%.

30 Die Bedingung, dass in der Brandbekämpfungsphase innerhalb von 60 Sekunden die Sauerstoffkonzentration das Rückzündungsverhinderungsniveau erreichen muss, bestimmt die Steigung der Einschusskurve, die den Flutungsverlauf der Inertgasfeuerlöschanlage bzw. des Inertisierungsverfahrens am Anfang der Brandbekämpfungsphase beschreibt.
35 Die Inertgasfeuerlöschanlage und das Inertisierungsverfahren sollten demgemäss ausgelegt sein.

An die Brandbekämpfungsphase, innerhalb welcher der Brand im Zielraum vollständig gelöscht wird, schließt sich die sogenannte Rückzündungsverhinderungsphase an. Die Rückzündungsverhinderungsphase ist eine Zeitperiode, in welcher der Sauerstoffgehalt nicht über das Rückzündungsverhinderungsniveau, d.h. beispielsweise über die genannten 13,8 Vol.-%, steigen darf. Hierbei ist gemäß den VdS-Richtlinien vorgesehen, dass die Rückzündungsverhinderungsphase über zehn Minuten andauern muss. Anders ausgedrückt bedeutet dies, dass die Inertgasfeuerlöschanlage und das Inertisierungsverfahren so ausgelegt sein müssen, dass nach Branderkennung der Zielraum derart mit Inertgas geflutet wird, um innerhalb von 60 Sekunden im Zielraum eine auf dem Rückzündungsverhinderungsniveau liegende Sauerstoffkonzentration zu erreichen, wobei ferner diese Konzentration während der Brandbekämpfungsphase und der Rückzündungsverhinderungsphase nicht überschritten wird.

Fig. 1 zeigt den Flutungsverlauf einer mit einem herkömmlichen Inertisierungsverfahren betriebenen Inertgasfeuerlöschanlage am Beispiel eines mit einer EDV-Einrichtung bestückten Zielraums. Gemäß den VdS-Richtlinien liegt hier das aus Versuchen ermittelte Rückzündungsverhinderungsniveau bei einer Sauerstoffkonzentration von 13,8 Vol.-%; dieser Konzentrationswert wird gelegentlich auch „Grenzkonzentration“ genannt. Die löschfähige Konzentration, die sich aus dem Brandherdmaterial, einem raumspezifischem Parameter und einer Sicherheit zusammensetzt, liegt gemäß der Fig. 1 bei 11,2 Vol.-% und damit noch um 1,2 Vol.-% über einer für Personen und Tiere gefährlichen Sauerstoffkonzentration von 10 Vol.-%. Bei dem aus dem Stand der Technik bekannten Inertisierungsverfahren entspricht die löschfähige Konzentration dem Inertisierungsniveau der Inertgasfeuerlöschanlage.

In dem dargestellten Beispiel ist die eingesetzte Inertgasfeuerlöschanlage bzw. das Inertisierungsverfahren so ausgelegt, dass innerhalb von 60 Sekunden nach Branderkennung bzw. Auslösung des Inertisierungsverfahrens das Rückzündungsverhinderungsniveau (13,8 Vol.-%) durch Einschießen bzw. Fluten des Zielraumes mit Inertgas erreicht wird. Dabei ist vorgesehen, dass nach Erreichen des Rückzündungsverhinderungsniveaus die Sauerstoffkonzentration weiter herabgesetzt wird, bis die löschfähige Konzentration bzw. das Inertisierungsniveau der Inertgasfeuerlöschanlage von 11,2 Vol.-% erreicht wird. Zu diesem Zeitpunkt ist der Brand in dem Zielraum vollständig gelöscht, und da das Fluten des Zielraumes mit Inertgas nach Erreichen des Inertisierungsniveaus bzw. der löschfähigen Konzentration eingestellt wird, steigt in der anschließenden Rückzündungsverhinderungsphase die Sauerstoffkonzentration im Zielraum (wegen Undichtigkeiten des Zielraumes) kontinuierlich an.

Es ist nun denkbar, den Zeitpunkt der Überschreitung des Rückzündungsverhinderungsniveaus über die „Tiefe“ des Inertisierungsniveaus der Inertgasfeuerlöschanlage einzustellen. Da jedoch die Dichtigkeit des Raumes die Steigung bzw. den Verlauf der Anstiegskurve der Sauerstoffkonzentration im Zielraum während der Rückzündungsverhinderungsphase vorgibt, kann der Zeitpunkt des Überschreitens des Rückzündungsverhinderungsniveaus (der 13,8 Vol.-%) nur über die Einstellung der löschfähigen Konzentration bzw. über das Festlegen des Inertisierungsniveaus der Inertgasfeuerlöschanlage erfolgen. Im vorliegenden Fall wird bei einer löschfähigen Konzentration von 11,2 Vol.-% erreicht, dass das Rückzündungsverhinderungsniveau erst 600 Sekunden nach Ende der Brandbekämpfungsphase überschritten wird.

Bei dem aus dem Stand der Technik bekannten und vorstehend erläuterten Inertisierungsverfahren zum Löschen eines Brandes in einem Zielraum liegt nun ein Nachteil darin, dass die während der Brandbekämpfungsphase durchgeführte Absenkung der Sauerstoffkonzentration auf das Inertisierungsniveau der Inertgasfeuerlöschanlage grundsätzlich deutlich unter dem Rückzündungsverhinderungsniveau erfolgen muss, um zu erreichen, dass das Rückzündungsverhinderungsniveau nicht frühzeitig nach Ende der Brandbekämpfungsphase überschritten wird, und um eine hinreichend lange Rückzündungsverhinderungsphase sicherzustellen. Von daher ist es bei den aus dem Stand der Technik bekannten Inertisierungsverfahren erforderlich, eine deutlich größere Menge an Löschmittel verfügbar zu haben, als es letztendlich zur Brandbekämpfung notwendig wäre. Dies setzt voraus, dass beispielsweise großflächige Druckentlastungskappen und zusätzlicher Raum für Gasflaschen, in denen das Inertgas in komprimierter Form gelagert wird, bereitgestellt werden. Aufgrund der notwendigen Überdimensionierung der aus dem Stand der Technik bekannten Anlagen wird das Inertisierungsverfahren zum Löschen eines Brandes relativ kostenaufwendig.

Ein weiterer Nachteil ist darin zu sehen, dass bei den aus dem Stand der Technik bekannten Inertisierungsverfahren keine Möglichkeit besteht, nach Ende der Brandbekämpfungsphase ein frühzeitiges Überschreiten des Rückzündungsniveaus der Sauerstoffkonzentration im Zielraumes zu verhindern. Dies ist beispielsweise dann jedoch erforderlich, wenn etwa die Dichtigkeit des Zielraumes nicht dem Auslegungswert entspricht. Ein solcher Fall ist nicht unwahrscheinlich, da Frischlufteinträge, d.h. Strömungsvorgänge über die Grenzen des Schutzraumes hinweg, aufgrund von beispielsweise unvorhergesehenen Leckagen in den Umfassungsbauteilen des Zielraumes oder aufgrund einer Fehlfunktion der im Zielraum integrierten Lüftungs- und Klimaanlage auftreten können. Der-

artige unvorhergesehene Leckagen können bei der Betrachtung der Dichtigkeit des Raumes zur Auslegung des entsprechenden Inertisierungsverfahrens nicht berücksichtigt werden und führen in einem Brandfall zu einer nicht hinreichenden Löschwirkung des eingesetzten Verfahrens.

5

Der vorliegenden Erfindung liegt von daher das technische Problem zugrunde, ein Inertisierungsverfahren zum Löschen eines Brandes der vorstehend diskutierten Art anzugeben, mittels welchem eine möglichst genaue Auslegung der während des Inertisierungsverfahrens verwendeten Inertgasfeuerlöschanlage, und insbesondere eine möglichst genaue Dimensionierung des bereitzustellenden Inertgases, bei gleichzeitiger Einhaltung der zur Brandlöschung erforderlichen Brandbekämpfungsphase und Rückzündungsverhinderungsphase möglich ist. Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine entsprechende Vorrichtung zur Durchführung des weiterentwickelten Inertisierungsverfahrens bereitzustellen.

15

Hinsichtlich des Verfahrens wird diese Aufgabe ausgehend von einem Inertisierungsverfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass das Inertisierungsniveau mit einem bestimmten Regelbereich auf einem bestimmten Niveau, insbesondere dem Rückzündungsverhinderungsniveau, gehalten wird. Dabei sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass das erfinderische Verfahren nicht auf den Spezialfall beschränkt ist, dass das Inertisierungsniveau auf dem beispielsweise vom VdS (VdS = Verein der Schadenversicherer) festgelegten Rückzündungsverhinderungsniveau gehalten wird. Vielmehr handelt es sich bei dem bestimmten Niveau um ein zuvor festgelegtes Niveau, das in vorteilhafter Weise mit dem Rückzündungsverhinderungsniveau zusammenfällt oder in dessen Nähe vorliegt.

25

Das der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende technische Problem wird ferner durch eine Vorrichtung zur Durchführung des vorstehend genannten Verfahrens gelöst, die zumindest einen Sauerstoff-/Inertgas-Sensor zum kontinuierlichen Messen des Sauerstoffgehaltes und/oder des Inertgas-Gehaltes in dem Zielraum; zumindest einen Branddetektor zum Erfassen von zumindest einer Brandkenngröße in dem Zielraum; eine Inertgas-Einrichtung zum Inertisieren des Zielraumes mit einem Sauerstoff verdrängenden Inertgas; und eine Steuer-/Regeleinrichtung zum Steuern der Inertgas-Einrichtung, so dass nach dem Erfassen einer Brandkenngröße durch Inertisieren des Zielraumes die Sauerstoffkonzentration im Zielraum auf ein bestimmtes Inertisierungsniveau abgesenkt wird, aufweist, wobei erfindungsgemäß die Steuer-/Regeleinrichtung das Inertisierungsniveau mit einem bestimmten Regelbereich auf einem bestimmten Niveau, insbesondere dem für

30

35

den Zielraum spezifischen Rückzündungsverhinderungsniveau regelt, und zwar indem die Inertgas-Einrichtung in Abhängigkeit des mit dem zumindest einen Sauerstoff-/Inertgas-Sensor kontinuierlich gemessenen Sauerstoffgehaltes und/oder Inertgas-Gehaltes entsprechend angesteuert wird.

5

Die Vorteile der Erfindung liegen insbesondere darin, dass ein einfach zu realisierendes und dabei sehr effektives Verfahren zur Optimierung des Flutungsverlaufes einer Inertgasfeuerlöschanlage erzielbar ist. Dadurch, dass die zur Brandlöschung vorgesehene Rückzündungsverhinderungsphase erfindungsgemäß über eine Regelung des Inertisierungsniveaus eingestellt wird, kann erreicht werden, dass ein während der Brandbekämpfungsphase eingestelltes Inertisierungsniveau nicht mehr die Zeitperiode der Rückzündungsverhinderungsphase vorgibt. Anders ausgedrückt bedeutet dies, dass das während der Brandbekämpfungsphase eingestellte Inertisierungsniveau einer Sauerstoffkonzentration im Zielraum entsprechen kann, die nicht mehr deutlich unter dem Rückzündungsverhinderungsniveau liegen muss, wie es bei den herkömmlichen, aus dem Stand der Technik bekannten Inertisierungsverfahren der Fall ist. Somit wird für den gesamten Flutungsverlauf während des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens deutlich weniger Löschmittel benötigt, wodurch das Inertisierungsverfahren und die zugehörige Inertgasfeuerlöschanlage genau an den Zielraum angepasst und ausgelegt sind. Insbesondere entfällt hier die Lagerung großer Mengen Inertgas in Speicherbehältern. Durch das erfindungsgemäße Verfahren, und insbesondere durch die Regelung des Inertisierungsniveaus auf das Rückzündungsverhinderungsniveau, liegt während der Rückzündungsverhinderungsphase in vorteilhafter Weise keine Übersteuerung der Inertgaskonzentration im Zielraum vor. Dadurch, dass mit dem erfindungsgemäßen Verfahren deutlich weniger Löschmittel benötigt wird und keine Übersteuerung der Inertgaskonzentration im Zielraum vorliegt, können auch eventuell im Zielraum vorgesehene Druckentlastungsklappen kleiner dimensioniert werden. Erfindungsgemäß ist ferner ein bestimmter Regelbereich vorgesehen, in welchem das Inertisierungsniveau auf dem Rückzündungsverhinderungsniveau gehalten wird. Dieser Regelbereich ist abhängig von beispielsweise der Dichtigkeit des Zielraumes und/oder der Auslegung der Inertgasfeuerlöschanlage bzw. der Sensibilität der im Zielraum eingesetzten Sensoren zur Bestimmung der Sauerstoffkonzentration.

Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird eine Möglichkeit zur Durchführung des vorstehend beschriebenen Verfahrens angegeben. Hierbei wird die zur Brandlöschung vorgesehene Rückzündungsverhinderungsphase über eine Regelung des Inertisierungsniveaus eingestellt, indem die Steuer-/Regeleinrichtung das Inertisierungsniveau mit einem bestimmten Regelbereich auf dem für den Zielraum spezifischen Rückzündungsverhinde-

35

rungsniveau regelt. Dies erfolgt indem die Inertgas-Einrichtung in Abhängigkeit des mit dem zumindest einen Sauerstoff-/Inertgas-Sensor kontinuierlich gemessenen Sauerstoffgehaltes und/oder Inertgas-Gehaltes entsprechend ansteuert. Unter dem Begriff „Inertgas-Einrichtung“ sei dabei ein Inertgasreservoir und/oder eine Anlage zum Produzieren eines Sauerstoff verdrängenden Inertgases, beispielsweise Stickstoff oder CO₂, zu verstehen.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

10 So ist in einer besonders vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens vorgesehen, dass das Inertisierungsniveau dem Rückzündungsverhinderungsniveau entspricht. Hierdurch ist es in vorteilhafter Weise möglich, die Dimensionierung bzw. Auslegung der Inertgasfeuerlöschanlage sehr genau an den Zielraum (Dichtigkeit, Volumen, mögliche Brandherdmaterialien) anzupassen. So erfolgt in dieser vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens die Regelung des Inertisierungsniveaus im Zielraum bereits während der Brandbekämpfungsphase auf dem Rückzündungsverhinderungsniveau. Dadurch, dass während des gesamten Flutungsverlaufes die Inertgaskonzentration im Zielraum zu keiner Zeit das Rückzündungsverhinderungsniveau außerhalb des Regelbereiches überschreitet, und insbesondere dadurch, dass somit eine deutliche Überschwingung der Inertgaskonzentration im Zielraum verhindert wird, kann erreicht werden, dass während der anfänglichen Flutung grundsätzlich nur exakt so viel Inertgas zum Einsatz kommt, wie es zur Brandlöschung erforderlich ist. Dadurch können die Speicherbehälter zur Lagerung des Inertgases deutlich kleiner dimensioniert werden bzw. eine entsprechende Anlage, wie etwa eine Stickstoffanlage zur Erzeugung des Inertgases, entsprechend kleiner ausgelegt werden. Hierbei sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass das Rückzündungsverhinderungsniveau abhängig vom Zielraum oder von anderen Anforderungen festgelegt werden kann; insbesondere handelt es sich hierbei nicht ausschließlich nur um das beispielsweise vom VdS (VdS = Verein der Schadenversicherer) festgelegten Rückzündungsverhinderungsniveau.

30 Um zu erreichen, dass das Rückzündungsverhinderungsniveau zu keiner Zeit während der Brandbekämpfungsphase und der Rückzündungsverhinderungsphase überschritten wird, ist in einer besonders vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens vorgesehen, dass der obere Schwellwert des Sauerstoffgehalts im Regelbereich kleiner oder maximal gleich dem Rückzündungsverhinderungsniveau ist. Der Begriff „Schwellwert“ bezeichnet in diesem Zusammenhang die Restsauerstoffkonzentration, bei der die Inertgasfeuerlöschanlage wieder eingeschaltet bzw. bei der erneut Inertgas in

- den Zielraum eingegeben wird, um das Inertisierungsniveau auf dem Sollwert zu halten oder erneut zu erreichen. Durch das Einschalten der Inertgasfeuerlöschanlage wird dann
-
- das Sauerstoff verdrängende Gas aus beispielsweise einem Inertgasreservoir oder einer Produktionsanlage in den Zielraum eingeleitet. In einem besonders bevorzugten Fall,
- 5 wenn der obere Schwellwert des Sauerstoffgehalts im Regelbereich von dem Rückzündungsverhinderungsniveau beabstandet ist, liegt zusätzlich eine gewisse Sicherheit vor. Diese Sicherheit entspricht der Differenz aus dem Rückzündungsverhinderungsniveau und dem oberen Schwellwert. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, das bereits im Rückzündungsverhinderungsniveau in der Regel eine gewisse Sicherheit berücksichtigt wurde. Der Regelbereich wird nach unten durch einen unteren Schwellwert be-
- 10 grenzt. Dieser untere Schwellwert entspricht der Sauerstoffkonzentration, bei der die Inertgasfeuerlöschanlage wieder ausgeschaltet bzw. das erneute Einleiten von Sauerstoff verdrängendem Gas in den Zielraum angehalten wird.
- 15 In einer besonders vorteilhaften Realisierung der letztgenannten Ausführungsform ist dabei vorgesehen, dass die Amplitude des Sauerstoffgehalts im Regelbereich eine Höhe von etwa 0,2 Vol.-% und vorzugsweise eine Höhe von maximal 0,2 Vol.-% hat. Demgemäss beträgt die Größe des Bereichs der Restsauerstoffkonzentration zwischen der Ein- und der Ausschaltschwelle der Inertgasfeuerlöschanlage etwa 0,4 Vol.-% und vorzugsweise
- 20 maximal 0,4 Vol.-%. Selbstverständlich sind hier aber auch andere Amplituden des Sauerstoffgehalts im Regelbereich denkbar.

- Besonders bevorzugt erfolgt die Regelung des Sauerstoffgehalts auf dem Rückzündungsverhinderungsniveau unter Berücksichtigung der Luftwechselrate des Zielraumes, insbesondere unter Berücksichtigung des n_{50} – Wertes des Zielraums, und /oder der Druckdifferenz zwischen Zielraum und Umgebung. Die Luftwechselrate bezeichnet das Verhältnis des erfolgten Leckagevolumenstromes in Relation zum vorhandenem Raumvolumen bei einer erzeugten Druckdifferenz zur Umgebung von 50 Pa. Anders ausgedrückt bedeutet dies, dass die Luftwechselrate ein Maß für die Dichtigkeit des Zielraumes und somit eine
- 25 entscheidende Größe zur Dimensionierung der Inertgasfeuerlöschanlage ist. Mit zunehmender Größe des n_{50} -Werts steigt der Leckagevolumenstrom in den oder aus dem gemessenen Zielraum. Hierdurch erhöhen sich die Frischlufteinträge in den Raum und die Inertgasverluste aus dem Raum. Beides führt dazu, dass die Inertgasfeuerlöschanlage mit einer größeren Leistungsfähigkeit projektiert werden muss. Die Dichtigkeit der den je-
- 30 weiligen Zielraum begrenzenden Umfassungsbauteile wird mittels einer sogenannten BlowerDoor-Messung durchgeführt. Dabei ist vorgesehen, im Zielraum einen genormten Überdruck/Unterdruck von 10 bis 60 Pa zu erzeugen. Die Luft entweicht über die Lecka-
- 35

geflächen der Umfassungsbauteile nach außen oder dringt dort ein. Ein entsprechendes Messgerät misst den erforderlichen Volumenstrom zur Aufrechterhaltung der zur Messung geforderten Druckdifferenz von z.B. 50 Pa. Nach Eingabe von Begleitwerten errechnet ein Auswertungsprogramm den n_{50} -Wert des Raumes, der sich standardisiert auf die erzeugte Druckdifferenz von 50 Pa bezieht. Eine derartige BlowerDoor-Messung ist vor der konkreten Auslegung der Inertgasfeuerlöschanlage bzw. des Inertisierungsverfahrens, spätestens jedoch vor der in Betriebnahme der Anlage durchzuführen. Durch die erfindungsgemäße Berücksichtigung der Luftwechselrate n_{50} des Zielraumes kann in vorteilhafter Weise eine nochmals verbesserte Anpassung der Dimensionierung der Inertgasfeuerlöschanlage und des Inertisierungsverfahrens an den Zielraum erreicht werden.

- Um zu erreichen, dass das Inertgasreservoir und/oder die Produktionsanlage optimal an den Zielraum ausgelegt werden können, erfolgt in bevorzugter Weise die Berechnung der Löschmittelmenge für das Absenken des Sauerstoffgehalts auf das Inertisierungsniveau und für das Halten des Sauerstoffgehalts auf dem Rückzündungsverhinderungsniveau unter Berücksichtigung der Luftwechselrate des Zielraumes, insbesondere unter Berücksichtigung des n_{50} - Wertes des Zielraums, und /oder der Druckdifferenz zwischen Zielraum und Umgebung.
- In einer besonders bevorzugten Realisierung des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens, bei dem das Absenken des Sauerstoffgehalts durch Zufuhr eines Sauerstoff verdrängenden Gases in den Zielraum erfolgt, ist besonders bevorzugt eine Regelung der Zufuhr des Sauerstoff verdrängenden Gases unter Berücksichtigung des Luft-/Gasdrucks im Zielraum vorgesehen. Demgemäß wird der Druck im Zielraum während der Flutung mit Inertgas bzw. mit dem Sauerstoff verdrängenden Gas gemessen, wobei so Sorge getragen wird, dass ein gewisser Raumdruck nicht überschritten wird. Dieses macht sich dann dadurch bemerkbar, dass die Steigung der Einschusskurve, d.h. die Steigung des Konzentrationsverlaufes des unmittelbar nach dem Auslösen der Inertgasfeuerlöschanlage in den Zielraum eingeleiteten Inertgases, an bestimmte Parameter des Zielraumes, wie etwa der Dichtigkeit und dem Volumen, angepasst wird. Um den Zielraum beim Fluten nicht aufzublasen, was einen erhöhten Verbrauch von Löschmittel zur Folge hätte, wird unter Umständen die Formgebung der Einschusskurve entsprechend flacher gehalten, so dass beispielsweise nicht bereits nach 60 Sekunden sondern erst kurze Zeit später, etwa 120 Sekunden oder 180 Sekunden, das Inertisierungsniveau erreicht wird. Durch die Regelung der Löschmittelzufuhr unter Berücksichtigung des Luft-/Gasdruckes im Zielraum kann insbesondere das erfindungsgemäße Inertisierungsverfahren auch bei Zielräumen

eingesetzt werden, die keine festen Wände haben oder in die keine Druckentlastungskappen oder ähnliche Einrichtungen eingebaut werden können.

5 In einer weiteren bevorzugten Realisierung des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens, bei dem das Absenken des Sauerstoffgehalts durch Zufuhr eines Sauerstoff verdrängenden Gases in den Zielraum erfolgt, ist besonders bevorzugt eine Regelung der Zufuhr des Sauerstoff verdrängenden Gases in Abhängigkeit des aktuellen Sauerstoffgehalts bzw. der aktuellen Löschmittelkonzentration im Zielraum vorgesehen. Denkbar wäre beispielsweise hierbei, den Sauerstoffgehalt im Raum zu messen, wenn als Löschmittel Stickstoff dient. Wenn hingegen als Löschmittel CO₂ zum Einsatz kommt, wird in bevorzugter Weise die CO₂-Konzentration im Zielraum gemessen, um die Zufuhr des Sauerstoff verdrängenden Gases im Zielraum zu regeln.

15 In vorteilhafter Weise erfolgt bei einer Realisierung des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens, bei dem das Absenken des Sauerstoffgehalts durch Zufuhr eines Sauerstoff verdrängenden Gases erfolgt, eine Regelung der Zufuhr des Sauerstoff verdrängenden Gases in Abhängigkeit von dem Sauerstoffgehalt vor Beginn der Absenkung des Sauerstoffgehaltes auf das bestimmte Inertisierungsniveau. So ist beispielsweise denkbar, dass in einem Fall, in welchem der Sauerstoffgehalt vor Beginn der Absenkung bei 21

20 Vol.-% liegt, die Zufuhr des Sauerstoff verdrängenden Gases schneller als in einem anderen Fall erfolgt, in welchem der Sauerstoffgehalt vor Beginn der Absenkung beispielsweise bei 17 Vol.-% liegt. Allerdings ist die erfindungsgemäße Ausführungsform nicht auf diese beispielhaft genannten Fälle beschränkt.

25 Als eine besonders bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens, bei dem das Absenken des Sauerstoffgehalts durch Zufuhr eines Sauerstoff verdrängenden Gases erfolgt, und bei dem eine Regelung der Zufuhr des Sauerstoff verdrängenden Gases erfolgt, ist vorgesehen, dass diese Regelung der Zufuhr des Sauerstoff verdrängenden Gases nach einem bestimmten, beispielsweise zuvor festgelegten Flutungsverlaufsmuster abläuft. Denkbar hierbei wäre beispielsweise, dass die entsprechenden Ventile, über die die Zufuhr des Sauerstoff verdrängenden Gases geregelt wird, so angesteuert werden, dass entweder der Flutungsverlauf, d.h. die zeitliche Entwicklung der Sauerstoffkonzentration im Zielraum, und/oder die zeitliche Entwicklung der Konzentration des Sauerstoff verdrängenden Gases im Zielraum einem bestimmten Muster entspricht. Der Vorteil dieser Ausführungsform ist insbesondere darin zu sehen, dass die

30 Flutung des Zielraumes in idealer Weise an die Inertisierungsanlage und/oder den Zielraum angepasst ablaufen kann, ohne dass eine kontinuierliche Überwachung der Sauer-

stoffkonzentration bzw. der Konzentration des Sauerstoff verdrängenden Gases im Zielraum während der Flutung vorgenommen werden muss. Selbstverständlich sind hier aber

auch andere Möglichkeiten denkbar, mit denen die Regelung der Zufuhr des Sauerstoff verdrängenden Gases nach dem bestimmten Flutungsverlaufsmuster erfolgen kann. Das Öffnen bzw. Schließen der Ventile kann beispielsweise in einer berechneten Art und Weise, in Abhängigkeit des aktuellen Sauerstoffgehaltes bzw. der aktuellen Löschmittelkonzentration im Zielraum oder in Abhängigkeit des Luft-/Gasdrucks im Zielraum gesteuert werden.

Besonders bevorzugt ist in einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens vorgesehen, dass die Zeit (x) für das Absenken des Sauerstoffgehalts auf das Inertisierungsniveau voreingestellt wird. Diese im Voraus stattfindende Einstellung der Zeit kann beispielsweise durch eine Zielraum angepasste Dimensionierung der Feuerlöschanlage und/oder durch eine entsprechend angepasste Auslegung der Ventile zur Regelung der Zufuhr des Sauerstoff verdrängenden Gases erfolgen. Damit wird erreicht, dass bestimmte Richtlinien für Feuerlöschanlagen, beispielsweise die von dem VdS vorgeschriebenen Richtlinien für CO₂-Feuerlöschanlagen, erfüllt werden können.

In einer anderen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens ist hingegen vorgesehen, dass die Zeit für das Absenken des Sauerstoffgehalts auf das Inertisierungsniveau in Abhängigkeit des Grundinertisierungsniveaus zu Beginn der Flutung gewählt wird. Dieses ist insbesondere dann von Vorteil, wenn die Flutung des Zielraumes mit Inertgas geregelt erfolgt, und insbesondere in Abhängigkeit des im Zielraum vorhandenen Druckes. Damit ist das erfindungsgemäße Inertisierungsverfahren besonders flexibel an die Umstände des Einzelfalls, insbesondere die Auslegung der Feuerlöschanlage sowie die Brandlast und/oder Dimensionierung des Zielraumes, anpassbar.

In einer möglichen Realisierung des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens ist vorgesehen, dass der Sauerstoffgehalt im Zielraum durch Einleiten eines Sauerstoff verdrängenden Gases aus einem bereitgehaltenen Reservoir abgesenkt wird. Durch die Bereitstellung des Inertgases in einem Reservoir, wie etwa in entsprechenden Gasbehältern, kann ein rasches Einstellen des Inertisierungsniveaus in dem Zielraum erreicht werden. Als Sauerstoff verdrängende Gase kommen hier beispielsweise Kohlendioxid, Stickstoff, Edelgase und Gemische daraus in Frage, die in Stahlflaschen komprimiert oder die unkomprimiert in einem besonderen Inertgasreservoir (z.B. Zwischendecken) gelagert werden. Im Bedarfsfall wird dann das Gas über Rohrleitungssysteme und entsprechende Austrittsdüsen in den Zielraum geleitet. Der Vorteil der Absenkung des Sauerstoffgehalts im

Zielraum durch das Einleiten eines Inertgases aus einem bereitgestellten Reservoir, in welchem das Inertgas in komprimierter Form vorliegt, ist insbesondere auch darin zu sehen, dass durch die Expansion des komprimierten Gases zusätzlich zu dem Effekt der Sauerstoffverdrängung auch ein sich positiv auf die Löschwirkung auswirkender Abkühlungseffekt erzielt wird, da dann die Expansionsenthalpie des komprimiert gelagerten Sauerstoff verdrängenden Gases direkt der Umgebung und insbesondere dem Zielraum entzogen wird.

In einer alternativen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens wird das sauerstoffverdrängende Gas mittels einer Produktionsanlage bereitgestellt. Hierbei wäre es auch alternativ denkbar, eine Maschine, wie etwa Brennstoffzellen, einzusetzen, die aus dem Zielraum Sauerstoff entzieht. Der Vorteil dieser Ausführungsform ist insbesondere darin zu sehen, dass hierbei auf spezielle Lagerräume für beispielsweise ein Reservoir bzw. Gasflaschen, in welchem das sauerstoffverdrängende Gas gelagert wird, verzichtet werden kann. Als mögliche Realisierung einer Produktionsanlage für sauerstoffverdrängendes Gas kommt beispielsweise ein Stickstoffgenerator in Frage, in welchem die in Druckluft enthaltenen Bestandteile so gespalten und abgeleitet werden, dass ein Stickstoffstrom gewonnen wird. Dieser besitzt einen sehr niedrigen Drucktaupunkt und einen festgestellten Restsauerstoffgehalt, der kontinuierlich überwacht werden kann. Der über den Stickstoffgenerator gewonnene Stickstoffstrom wird über eine Rohrleitung dem Zielraum zugeführt, während die sauerstoffangereicherte Luft separat ins Freie abgeleitet wird. Der Vorteil einer derartigen Produktionsanlage ist insbesondere in ihrem relativ wartungsfreien Betrieb zu sehen. Selbstverständlich sind aber auch andere Verfahren zur Herstellung des Sauerstoff verdrängenden Gases denkbar.

Schließlich ist in einer besonders vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens vorgesehen, dass das Sauerstoff verdrängende Gas aus einem Reservoir bereitgestellt wird, um den Sauerstoffgehalt auf das bestimmte Inertisierungsniveau abzusenken, und das Sauerstoff verdrängende Gas aus einer Produktionsanlage bereitgestellt wird, um das Inertisierungsniveau auf dem Rückzündungsverhinderungsniveau zu halten. Hierbei wäre es jedoch ebenso denkbar, dass zur Absenkung des Sauerstoffgehalts auf das bestimmte Inertisierungsniveau benötigte, Sauerstoff verdrängende Gas und das zum Halten des Inertisierungsniveaus auf dem Rückzündungsverhinderungsniveau benötigte Gas aus einem Reservoir und/oder einer Produktionsanlage bereitgestellt wird.

Indem in einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens das Rückzündungsverhinderungsniveau in Abhängigkeit von der für den Zielraum

charakteristischen Brandlast, insbesondere in Abhängigkeit von den im Zielraum vorhandenen Materialien bestimmt wird, ist in vorteilhafter Weise eine optimale Anpassung des Verfahrens an den jeweiligen Zielraum möglich, um somit eine möglichst genaue Auslegung der während des Inertisierungsverfahrens verwendeten Inertgasfeuerlöschanlage, und insbesondere eine möglichst genaue Dimensionierung des bereitzustellenden Inertgases, bei gleichzeitiger Einhaltung der zur Brandlöschung erforderlichen Brandbekämpfungsphase und Rückzündungsverhinderungsphase zu ermöglichen. Wird als Zielraum beispielsweise ein Schiffsmaschinenraum angenommen, so ist hierfür im Hinblick auf Diesel und Schweröle als charakteristische Brandlast das Rückzündungsverhinderungsniveau auf einen Wert von beispielsweise $R = 17 \text{ Vol.}\% \text{ O}_2$ festzulegen. Andererseits bestimmen in einem EDV-Raum (als ein weiteres Beispiel für einen möglichen Zielraum) elektrische Kabel und Kunststoffe das für diesen Zielraum geltende Rückzündungsverhinderungsniveau, so dass hier ein niedriger Wert von beispielsweise $R = 13,8 \text{ Vol.}\% \text{ O}_2$ anzunehmen ist.

In einem Fall, in welchem sich in dem Zielraum laufende Anlagen bzw. Maschinen befinden, ist es im Hinblick auf die Aufrechterhaltung der Betriebssicherheit von Vorteil, dass das Rückzündverhinderungsniveau in Abhängigkeit von den Anlagen bzw. Maschinen und deren Betriebszustand bestimmt wird, um beim Fluten des Zielraumes mit Inertgas keinen unkontrollierten, vollständigen Ausfall der Anlagen bzw. Maschinen zu bewirken. Wenn beispielsweise in dem Zielraum ein Brennstoff betriebener Stromgenerator läuft, dessen Luftzufuhr im Zielraum mündet, dann ist es unbedingt zu vermeiden, dass das Rückzündungsverhinderungsniveau unterhalb des für eine Zündung des Luft-/Treibstoffgemisches in der Brennkammer des Generators notwendigen Sauerstoffgehaltes fällt, da ansonsten der Generator ausfallen und die Erzeugung elektrischer Energie zusammenbrechen würde.

In einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens ist vorgesehen, dass vor dem Absenken des Sauerstoffgehaltes auf das bestimmte Inertisierungsniveau die sich gegebenenfalls im Zielraum befindlichen Anlagen und/oder Maschinen in einen vordefinierten Betriebszustand gebracht werden. Wie auch bei der zuletzt genannten Ausführungsform dient dies in vorteilhafter Weise zur Aufrechterhaltung der Betriebssicherheit. Wenn als Zielraum beispielsweise ein Schiffsmaschinenraum angenommen wird, ist es beispielsweise denkbar, dass in einem Brandfall zum Minimieren des Luftwechsels im Maschinenraum zunächst der Schiffsmotor auf eine geringe Last (beispielsweise 20% bis 40%) gefahren und dann das erfindungsgemäße Inertisierungsverfahren durchgeführt wird. Damit kann erreicht werden, dass zum einen die Manövrierfähig-

- keit und zum anderen die Energieerzeugung des Schiffes aufrechterhalten bleibt. In einem anderen Fall, in dem als Zielraum ein Rechenzentrum angenommen wird, sieht die vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung es vor, dass zum Beispiel zunächst die EDV-Einheiten heruntergefahren und Back-Up-Einheiten gestartet werden, bevor es zu einer Flutung des Zielraumes mit Inertgas kommt. In Kombination mit der zuletzt genannten vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist es ferner denkbar, dass das Rückzündungsniveau (unter anderem) in Abhängigkeit des vordefinierten Betriebszustandes, in den die Anlagen bzw. Maschinen im Brandfall gesetzt werden, bestimmt wird.
- 10 In einer besonders vorteilhaften Realisierung des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens ist eine Brandfrüherkennung vorgesehen, so dass das Absenken des Sauerstoffgehaltes in dem Zielraum bereits zum Zeitpunkt einer Brandfrüherkennung beginnt. Dadurch ist es möglich, bis zu 90 Sekunden früher als mit einer konventionellen Branderkennung mit der anfänglichen Flutung des Zielraumes zu beginnen, im Verlauf derer der
- 15 Sauerstoffgehalt in dem Zielraum innerhalb der vorgegebenen Zeit auf das bestimmte Inertisierungsniveau abgesenkt wird.

Als vorteilhafte Weiterbildung zur erfindungsgemäßen Vorrichtung ist vorgesehen, dass die Steuer-/Regeleinrichtung einen Speicher mit einer Tabelle aufweist, in welcher vorgegebene Rückzündungsverhinderungsniveaus in Abhängigkeit der sich im Zielraum befindlichen Anlagen und/oder Maschinen und deren Betriebszustand gespeichert sind. Damit ist eine automatisierte Brandbekämpfung mit einer Zielraum-spezifischen Kontrolle des Prozessverlaufes möglich, wobei infolge der genauen Auslegung der während des Inertisierungsverfahrens verwendeten Inertgasfeuerlöschanlage und infolge der genauen Dimensionierung des bereitzustellenden Inertgases eine besonders effektive

25 Brandbekämpfung ermöglicht wird, bei welcher der Aufrechterhaltung der Betriebssicherheit Sorge getragen wird. Selbstverständlich sind hier aber auch andere Ausführungsformen denkbar, um der Steuer-/Regeleinrichtung die für den Zielraum spezifischen Rückzündungsverhinderungsniveaus bereitzustellen.

- 30 In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist vorgesehen, dass der zumindest eine Branddetektor zum Erfassen von zumindest der einen Brandkenngroße in dem Zielraum ein Detektor zur Brandfrüherkennung ist. Derartige Sensoren sind aus dem Stand der Technik bekannt, wie beispielsweise Rauch-, Wärme-,
- 35 Flammen- oder Brandgasmelder, die eine frühzeitige und effiziente Detektion von Feuer und Rauch gewährleisten. Des weiteren kann eine Vorverarbeitung der mit Hilfe dieser Sensoren aufgenommenen Signalen zur Detektion von Rauch, Brandgase, Staub, Nebel,

Ölnebel und Aerosolen vorgesehen sein. In bevorzugter Weise werden neben diesen für die Brandfrüherkennung vorgesehenen Sensoren zusätzliche Sensoren für die Messung der Temperatur sowie der relativen Luftfeuchtigkeit eingesetzt, um eine möglichst zuverlässige Branderkennung zu gewährleisten. Auch ist es denkbar, für die Brandfrüherkennung ein aspiratives Branderkennungssystem im Zielraum einzusetzen, mit deren Hilfe dem Zielraum kontinuierlich eine Luftprobe entnommen und diese einem Sensor zur Erfassung einer Brandkenngröße zugeführt wird. Somit kann mit Hilfe geeigneter und an sich bekannter Sensoren insbesondere eine Temperaturmessung, eine Brandgas- und/oder Inertgas-Analyse sowie eine Ermittlung der optischen Sichtweite im Zielraum durchgeführt werden, um möglichst frühzeitig einen potentiellen Brand im Zielraum erfassen zu können. Dies ist im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung insbesondere deshalb vorteilhaft, da somit das Absenken des Sauerstoffgehaltes in dem Zielraum bereits zum Zeitpunkt einer Brandfrüherkennung beginnen kann, um somit möglichst früh mit der anfänglichen Flutung des Zielraumes beginnen zu können. Die Kombination einer Brandfrüherkennung mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erweist sich insbesondere auch deshalb von Vorteil, weil eine Flutung bis zu mehreren Minuten früher eingeleitet werden kann als mit konventioneller Branderkennung. Selbstverständlich sind hier aber auch andere Ausführungsformen für eine Brandfrüherkennung möglich.

Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens zum Löschen eines Brandes in einem Zielraum anhand der Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

- Fig. 1 einen Flutungsverlauf in einem Zielraum bei einem Inertisierungsverfahren aus dem Stand der Technik;
- Fig. 2 einen Flutungsverlauf in einem Zielraum bei einer ersten bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens;
- Fig. 3 einen Flutungsverlauf in einem Zielraum bei einer zweiten bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens;
- Fig. 4 einen Flutungsverlauf in einem Zielraum bei einer dritten bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens;

Fig. 5 einen Flutungsverlauf bei einer vierten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens; und

Fig. 6 einen Flutungsverlauf bei einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens.

Fig. 1 zeigt einen Flutungsverlauf in einem Zielraum bei einem Inertisierungsverfahren aus dem Stand der Technik. Die Brandlöschung verläuft hierbei in drei Schritten. Im ersten Schritt wird der Brand in dem Zielraum erkannt und die Intergaslöschanlage aktiviert. Ferner wird die Energie in dem Zielraum, beispielsweise die Stromversorgung, abgeschaltet. Im Anschluss an die erste Phase erfolgt die eigentliche Brandbekämpfung in der Brandbekämpfungsphase, während welcher der Zielraum mit Inertgas geflutet wird. In dem Diagramm von Fig. 1 stellt die Ordinatenachse die Sauerstoffkonzentration im Zielraum und die Abszissenachse die Zeit dar. Demgemäss erfolgt die Einleitung des Sauerstoff verdrängenden Gases in den Zielraum in den ersten 240 Sekunden, bis das Inertisierungsniveau der Inertgasfeuerlöschanlage die löschfähige Konzentration von in diesem Fall 11,2 Vol.-% erreicht. Dabei ist der Flutungsverlauf so gewählt, dass bereits 60 Sekunden nach dem Auslösen des Inertisierungsverfahrens die Sauerstoffkonzentration im Zielraum das Rückzündungsverhinderungsniveau von hier 13,8 Vol.-% erreicht; das Rückzündungsverhinderungsniveau wird auch Grenzkonzentration GK genannt. Dieses Rückzündungsverhinderungsniveau ist die Sauerstoffkonzentration, bei welcher ein Wiederentzünden der im Zielraum befindlichen Brandmaterialien wirksam verhindert wird. Im vorliegenden Fall liegt demnach das Rückzündungsverhinderungsniveau bei 13,8 Vol.-% Sauerstoffgehalt.

Nach Erreichen der löschfähigen Konzentration (11,2 Vol.-%) beginnt die sogenannte Rückzündungsverhinderungsphase, in welcher keine weitere Einleitung von Inertgas in den Zielraum erfolgt. Die Rückzündungsverhinderungsphase ist in diesem Fall eine Zeitperiode von 600 Sekunden, in welcher die Sauerstoffkonzentration im Zielraum zu keiner Zeit das Rückzündungsverhinderungsniveau überschreitet.

Wie dem Kurvenverlauf von Fig. 1 deutlich zu entnehmen ist, wird bei dem Inertisierungsverfahren gemäß dem Stand der Technik die Einhaltung der Rückzündungsverhinderungsphase dadurch erreicht, dass die löschfähige Konzentration entsprechend niedrig angesetzt wird. Da während der Rückzündungsverhinderungsphase kein Inertgas mehr in den Zielraum eingeleitet wird, nimmt die Sauerstoffkonzentration kontinuierlich zu, bis zunächst das Rückzündungsverhinderungsniveau von 13,8 Vol.-% überschritten und

letztendlich das Ausgangsniveau von 21 Vol.-% erreicht wird (nicht mehr explizit dargestellt). Dem in Fig. 1 dargestellten Flutungsverlauf ist insbesondere zu entnehmen, dass eine erhöhte Menge von Löschmittel erforderlich ist, um die Sauerstoffkonzentration in dem Zielraum während der Rückzündungsverhinderungsphase unter dem Rückzündungsverhinderungsniveau zu halten. Im vorliegenden Fall entspricht diese überhöhte Menge von Löschmittel der Fläche zwischen dem Rückzündungsverhinderungsniveau von 13,8 Vol.-% und dem Flutungsverlauf bzw. dem Kurvenverlauf der Sauerstoffkonzentration in dem Zielraum.

- Fig. 2 zeigt einen Flutungsverlauf in dem Zielraum von Fig. 1 bei einer ersten bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens. Der Unterschied des hier dargestellten Flutungsverlaufes bzw. des zeitlichen Verlaufes der Sauerstoffkonzentration im Zielraum zu dem in Fig. 1 gezeigten Flutungsverlauf ist insbesondere darin zu sehen, dass hier nicht mehr zwischen einer Brandbekämpfungsphase und einer Rückzündungsverhinderungsphase im eigentlichen Sinne unterschieden wird. Nach dem Auslösen des Inertisierungsverfahrens wird die Sauerstoffkonzentration im Zielraum durch Fluten mit Inertgas innerhalb von 60 Sekunden auf das Inertisierungsniveau reduziert. Nach dem Erreichen des Inertisierungsniveaus, das hier bei 13,8 Vol.-% liegt, wird die Inertgaseinleitung gedrosselt und, nachdem die Sauerstoffkonzentration einen unteren Schwellwert in einem Regelbereich um das Inertisierungsniveau herum erreicht hat, vollständig eingestellt. Im weiteren Verlauf steigt dann die Sauerstoffkonzentration kontinuierlich auf Grund von beispielsweise Undichtigkeiten im Zielraum an, bis ein oberer Schwellwert des Sauerstoffgehalts im Regelbereich erreicht wird. Dieser obere Schwellwert entspricht dem Rückzündungsverhinderungsniveau bzw. der Grenzkonzentration GK des Zielraumes. Dadurch wird sichergestellt, dass zu keiner Zeit die Sauerstoffkonzentration des Zielraumes die kritische Grenzkonzentration bzw. das Rückzündungsverhinderungsniveau überschreitet.

- Beim Inertisierungsverfahren gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist dann vorgesehen, dass bei Erreichen des oberen Schwellwertes erneut Inertgas in den Zielraum eingeleitet wird, um die Sauerstoffkonzentration wieder auf einen unteren Schwellwert des Regelbereiches abzusenken. Nach dem Erreichen des unteren Schwellwertes wird die Inertgaszufuhr in den Zielraum wieder angehalten. Somit wird das Inertisierungsniveau mit einem bestimmten Regelbereich auf dem Rückzündungsverhinderungsniveau iterativ gehalten. Die Haltezeit kann beliebig lang sein. Eine Rückzündung kann sicher verhindert werden, auch wenn die Energiezufuhr nicht abgeschaltet worden ist.

Im vorliegenden Fall ist die obere Grenze des Regelbereiches von dem Inertisierungsniveau identisch mit dem Rückzündungsverhinderungsniveau von 13,8 Vol.-%. Die Amplitude des Sauerstoffgehalts im Regelbereich entspricht hierbei einer Höhe von 0,2 Vol.-%.

- 5 Bei dem in der Fig. 2 dargestellten Flutungsverlauf wird das Inertisierungsniveau nach der vorgebbaren Zeit von 60 Sekunden erreicht. Selbstverständlich ist hier aber auch eine andere Zeitspanne möglich.

- 10 Zu Beginn der Flutung kann die Sauerstoffkonzentration k im Zielraum 21 Vol.% oder weniger betragen. Beispielsweise kann im Zielraum ein Grundinertisierungsniveau von 17 Vol.% herrschen, um das Risiko eines Brandes zu mindern.

- 15 Durch das erfindungsgemäße Halten des Inertisierungsniveaus aus dem Rückzündungsverhinderungsniveau wird erreicht, dass wesentlich weniger Löschmittel als bei einem herkömmlichen Inertisierungsverfahren benötigt wird.

- 20 Bei dem erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahren ist es ferner möglich, die Regelung des Sauerstoffgehalts auf dem Rückzündungsverhinderungsniveau unter Berücksichtigung der Luftwechselrate n_{50} des Zielraumes durchzuführen. Wie der Fig. 2 zu entnehmen ist, befindet sich die mittels des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens im Zielraum eingestellte Sauerstoffkonzentration grundsätzlich deutlich über der für Personen gefährlichen Konzentration von 10 Vol.-%. Dies ist ein weiterer wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens.

- 25 Fig. 3 zeigt einen Flutungsverlauf bei einer zweiten bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens. Der Unterschied des Flutungsverlaufes zu dem in der Fig. 2 dargestellten Flutungsverlauf liegt nun darin, dass das Inertisierungsniveau niedriger als das Rückzündungsverhinderungsniveau ist. Dadurch wird eine weitere Sicherheit bzw. ein weiterer Sicherheitspuffer zwischen der oberen Grenze bzw. dem oberen Schwellbereich des Regelbereiches und dem Rückzündungsverhinderungsniveau bereitgestellt.

- 35 Fig. 4 zeigt einen Flutungsverlauf einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens. Der Unterschied des Flutungsverlaufes gemäß der Fig. 4 zu dem in der Fig. 2 dargestellten Flutungsverlauf der ersten bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens ist darin zu sehen, dass die Einschussskurve des Inertgases, d.h. die zu Beginn der Inertisierung bewirkte Herabset-

zung des Sauerstoffgehalts im Zielraum, eine deutlich geringere Steigung aufweist, wodurch das Inertisierungsniveau später erreicht wird. Bei der dritten Ausführungsform erfolgt erfindungsgemäß das Absenken durch eine Regelung der Zufuhr des Sauerstoff verdrängenden Gases unter Berücksichtigung des Luft-/Gasdrucks im Zielraum, um somit ein Aufblasen des Zielraumes zu vermeiden. Dies ist insbesondere für Zielräume geeignet, die keine festen Wände haben oder in denen keine Druckentlastungsklappen eingebaut werden können.

Fig. 5 zeigt einen Flutungsverlauf bei einer vierten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens. Der Unterschied des Flutungsverlaufs gemäß der Fig. 5 zu dem in der Fig. 4 dargestellten Flutungsverlauf ist, dass bei Beginn der Flutung die Sauerstoffkonzentration im Zielraum schon auf einem Grundinertisierungsniveau von z.B. 17 Vol% reduziert ist. Dies ist besonders vorteilhaft, da eine geringere Menge von Löschmittel ausreicht, um den Rückzündungsverhinderungsniveau R zu erreichen. Bei der vierten Ausführungsform erfolgt erfindungsgemäß das Absenken durch eine Regelung der Zufuhr des Sauerstoff verdrängenden Gases unter Berücksichtigung des Grundinertisierungsniveau zu Beginn der Flutung. Beispielsweise kann die Zeit x bis zum Erreichen des Rückzündverhinderungsniveaus bei einem niedrigeren Grundinertisierungsniveau kürzer gewählt werden als bei einem höheren Grundinertisierungsniveau. Fig. 6 zeigt einen Flutungsverlauf bei einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens. Der Unterschied des Flutungsverlaufs gemäß der Fig. 6 zu dem in der Fig. 2 dargestellten Flutungsverlaufs ist der frühere Zeitpunkt des Beginns der Flutung. Mit Hilfe einer Brandfrüherkennung, beispielsweise einer hochsensiblen aspirativen Branderkennungseinrichtung, kann die Flutung bis zu mehreren Minuten früher eingeleitet werden als mit konventioneller Branderkennung. Die gewonnene Zeit y kann dazu genutzt werden, das Löschmittel so langsam in den Raum einzuleiten, dass Druckentlastungsklappen überflüssig werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren setzt die permanente Überwachung des Sauerstoffgehaltes im Zielraum voraus. Hierzu wird über entsprechende Sensoren permanent die Sauerstoffkonzentration bzw. die Inertgaskonzentration im Zielraum ermittelt und einer Steuerung der Inertgasfeuerlöschanlage zugeführt, die in Erwiderung hierauf die Löschmittelzufuhr in den Zielraum steuert.

Selbstverständlich ist es auch möglich, das erfindungsgemäße Verfahren in einem mehrstufigen Inertisierungsverfahren einzusetzen. Dabei ist denkbar, das erfindungsgemäße

Verfahren entweder bei einer einzelnen Stufe oder bei allen Stufen des mehrstufigen Inertisierungsverfahrens einzusetzen.

AMRONA AG
Untermüli-7
6302 Zug
Schweiz

29. Dezember 2004
M/AMR-017-PC
MB/RU/TR/ck

"Inertisierungsverfahren und Vorrichtung zum Löschen eines Brandes"

Patentansprüche

1. Interisierungsverfahren zum Löschen eines Brandes in einem umschlossenen Raum („Zielraum“), bei welchem der Sauerstoffgehalt in dem umschlossenen Raum innerhalb einer vorgegebenen Zeit (x) auf ein bestimmtes Inertisierungsniveau abgesenkt wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

das Inertisierungsniveau mit einem bestimmten Regelbereich auf einem bestimmten Niveau, insbesondere dem Rückzündungsverhinderungsniveau (R), gehalten wird.

2. Inertisierungsverfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass

das Inertisierungsniveau dem Rückzündungsverhinderungsniveau (R) entspricht.

3. Inertisierungsverfahren nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet, dass

der obere Schwellwert des Sauerstoffgehalts im Regelbereich kleiner oder maximal gleich dem Rückzündungsverhinderungsniveau (R) ist.

4. Inertisierungsverfahren nach Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet, dass

5 die Amplitude des Sauerstoffgehalts im Regelbereich eine Höhe von etwa 0,2 Vol.-% hat.

5. Inertisierungsverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,

10 dadurch gekennzeichnet, dass

die Regelung des Sauerstoffgehalts für das Absenken des Sauerstoffgehalts auf das Inertisierungsniveau und/oder für das Halten des Sauerstoffgehalts auf dem Rückzündungsverhinderungsniveau (R) unter Berücksichtigung der
15 Luftwechselrate des Zielraumes, insbesondere des n_{50} – Wertes des Zielraums, und/oder der Druckdifferenz zwischen Zielraum und Umgebung erfolgt.

6. Inertisierungsverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,

20 dadurch gekennzeichnet, dass

die Berechnung der Löschmittelmenge für das Absenken des Sauerstoffgehalts auf das Inertisierungsniveau und/oder für das Halten des Sauerstoffgehalts auf dem Rückzündungsverhinderungsniveau (R) unter Berücksichtigung der der
25 Luftwechselrate des Zielraumes, insbesondere des n_{50} – Wertes des Zielraums, und/oder der Druckdifferenz zwischen Zielraum und Umgebung erfolgt.

7. Inertisierungsverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem das Absenken des Sauerstoffgehalts durch Zufuhr eines Sauerstoff verdrängenden Gases in den Zielraum erfolgt,

30

gekennzeichnet durch

eine Regelung der Zufuhr des Sauerstoff verdrängenden Gases unter Berücksichtigung des Luft-/Gasdrucks im Zielraum.

35

8. Inertisierungsverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem das Absenken des Sauerstoffgehalts durch Zufuhr eines Sauerstoff verdrängenden Gases in den Zielraum erfolgt,

5 gekennzeichnet durch,

eine Regelung der Zufuhr des Sauerstoff verdrängenden Gases für das Absenken des Sauerstoffgehalts auf das Inertisierungsniveau und/oder für das Halten des Sauerstoffgehalts unter Berücksichtigung des Grundinertisierungsniveau zu Beginn der Flutung.

9. Inertisierungsverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem das Absenken des Sauerstoffgehalts durch Zufuhr eines Sauerstoff verdrängenden Gases in den Zielraum erfolgt,

15 gekennzeichnet durch

eine Regelung der Zufuhr des Sauerstoff verdrängenden Gases in Abhängigkeit des aktuellen Sauerstoffgehalts bzw. der aktuellen Löschmittelkonzentration im Zielraum.

10. Inertisierungsverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem das Absenken des Sauerstoffgehalts durch Zufuhr eines Sauerstoff verdrängenden Gases in den Zielraum erfolgt,

25 gekennzeichnet durch

eine Regelung der Zufuhr des Sauerstoff verdrängenden Gases in Abhängigkeit von dem Sauerstoffgehalt vor Beginn der Absenkung des Sauerstoffgehaltes auf das bestimmte Inertisierungsniveau.

11. Inertisierungsverfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10,

35 dadurch gekennzeichnet, dass

die Regelung der Zufuhr des Sauerstoff verdrängenden Gases nach einem bestimmten Flutungsverlaufsmuster erfolgt.

12. Inertisierungsverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

5 die Zeit (x) für das Absenken des Sauerstoffgehalts auf das Inertisierungsniveau voreingestellt wird.

13. Inertisierungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11,

10 dadurch gekennzeichnet, dass

die Zeit (x) für das Absenken des Sauerstoffgehalts auf das Inertisierungsniveau in Abhängigkeit des Grundinertisierungsniveaus zu Beginn der Flutung gewählt wird.

15 14. Inertisierungsverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

20 der Sauerstoffgehalt im Zielraum durch Einleiten eines Sauerstoff verdrängenden Gases aus einem bereitgehaltenem Reservoir abgesenkt wird.

15. Inertisierungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, bei dem das Sauerstoff verdrängende Gas mittels einer Produktionsanlage bereitgestellt wird.

25 16. Inertisierungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

30 das Sauerstoff verdrängende Gas aus einem Reservoir bereitgestellt wird, um den Sauerstoffgehalt auf das bestimmte Inertisierungsniveau abzusenken, und das Sauerstoff verdrängende Gas aus einer Produktionsanlage bereitgestellt wird, um das Inertisierungsniveau auf dem Rückzündungsverhinderungsniveau zu halten.

17. Inertisierungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

35 dadurch gekennzeichnet, dass

das Rückzündverhinderungsniveau (R) in Abhängigkeit von der für den Zielraum charakteristischen Brandlast, insbesondere in Abhängigkeit von den im Zielraum vorhandenen Materialien bestimmt wird.

- 5 18. Inertisierungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

- 10 das Rückzündverhinderungsniveau (R) in Abhängigkeit von den sich gegebenenfalls im Zielraum befindlichen Anlagen und/oder Maschinen und deren Betriebszustand bestimmt wird.

19. Inertisierungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

15 dadurch gekennzeichnet, dass

die sich gegebenenfalls im Zielraum befindlichen Anlagen und/oder Maschinen vor dem Absenken des Sauerstoffgehaltes auf das bestimmte Inertisierungsniveau in einen vordefinierten Betriebszustand gebracht werden.

- 20 20. Inertisierungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem das Absenken des Sauerstoffgehaltes in dem Zielraum zum Zeitpunkt t_0 einer Brandfrüherkennung beginnt.

- 25 21. Vorrichtung zur Durchführung des Inertisierungsverfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit zumindest einem Sauerstoff-/Inertgas-Sensor zum kontinuierlichen Messen des Sauerstoffgehaltes und/oder des Inertgas-Gehaltes in dem Zielraum; zumindest einem Branddetektor zum Erfassen von zumindest einer Brandkenngröße in dem Zielraum; einer Inertgas-Einrichtung zum Inertisieren des Zielraumes mit einem Sauerstoff verdrängenden Inertgas; und einer
30 Steuer-/Regeleinrichtung zum Steuern der Inertgas-Einrichtung, so dass nach dem Erfassen einer Brandkenngröße durch Inertisieren des Zielraumes die Sauerstoffkonzentration im Zielraum auf ein bestimmtes Inertisierungsniveau abgesenkt wird,

35 dadurch gekennzeichnet, dass

die Steuer-/Regeleinrichtung das Inertisierungsniveau mit einem bestimmten Regelbereich auf einem bestimmten Niveau, insbesondere dem für den Zielraum spezifischen Rückzündungsverhinderungsniveau (R) regelt, und zwar indem die Inertgas-Einrichtung in Abhängigkeit des mit dem zumindest einen Sauerstoff-/Inertgas-Sensor kontinuierlich gemessenen Sauerstoffgehaltes und/oder Inertgas-Gehaltes entsprechend angesteuert wird.

22. Vorrichtung nach Anspruch 21,

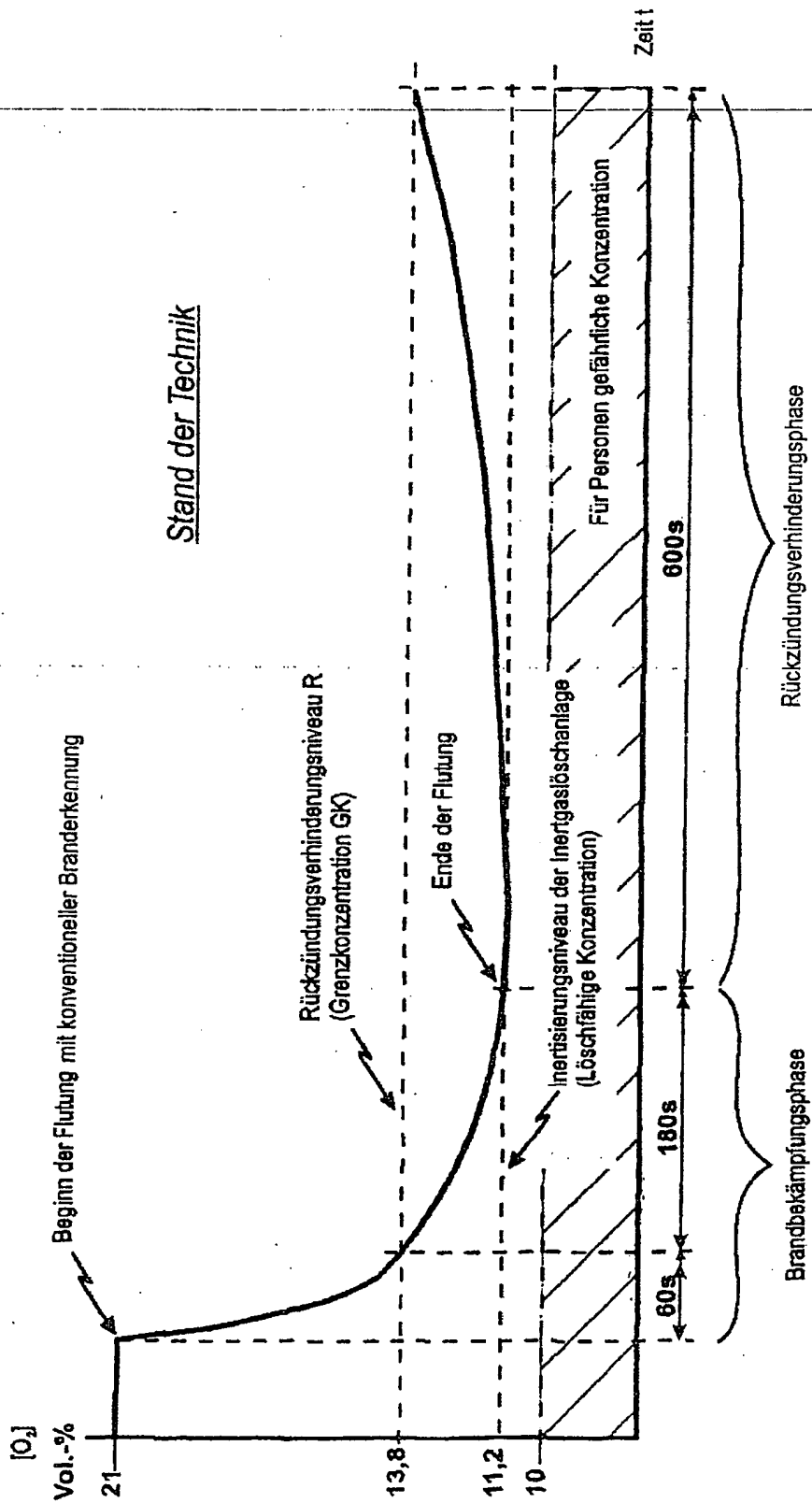
dadurch gekennzeichnet, dass

die Steuer-/Regeleinrichtung einen Speicher mit einer Tabelle aufweist, in welcher vorgegebene Rückzündungsverhinderungsniveaus (R) in Abhängigkeit der sich im Zielraum befindlichen Anlagen und/oder Maschinen und deren Betriebszustand gespeichert sind.

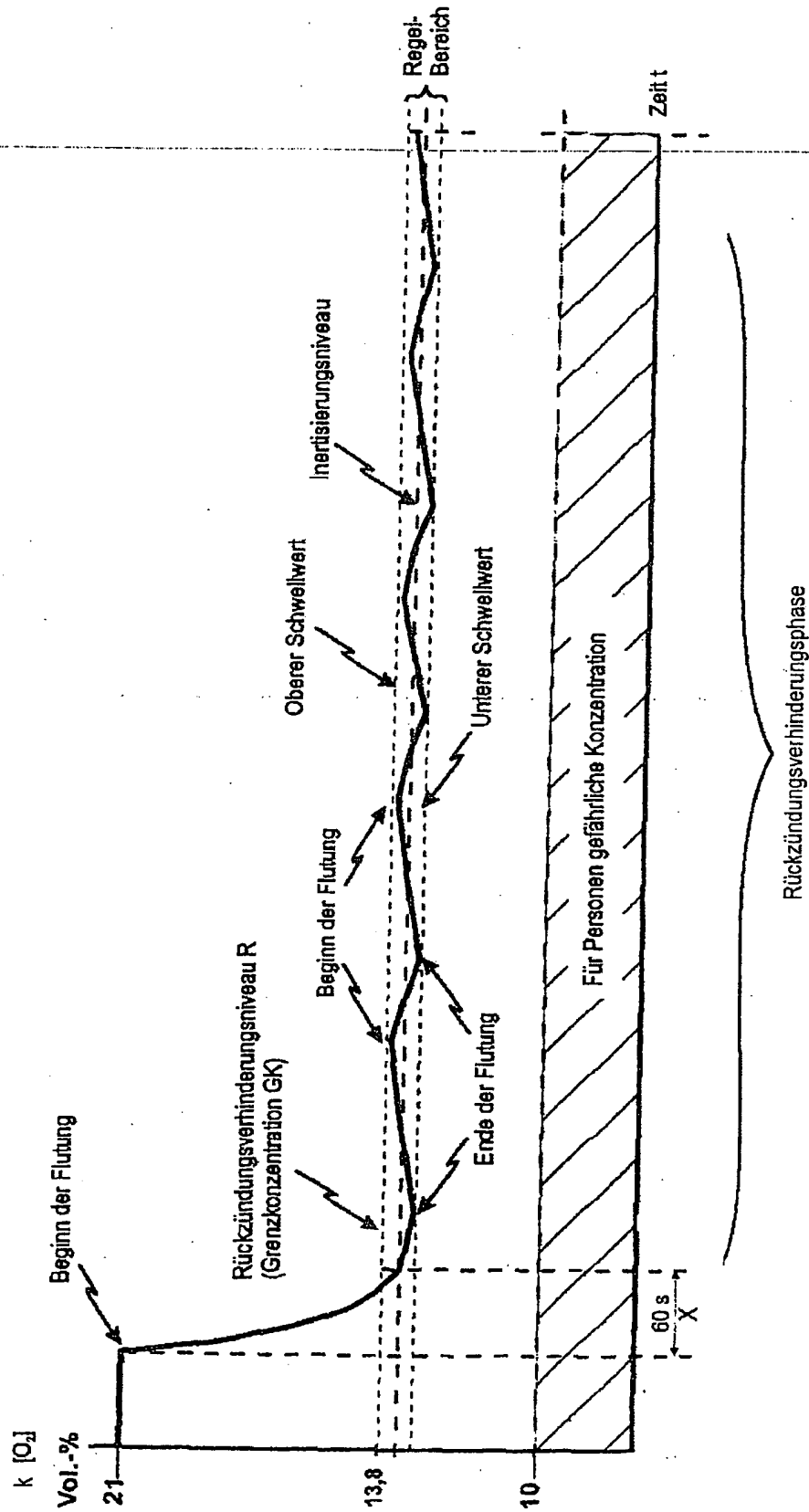
23. Vorrichtung nach Anspruch 21 oder 22,

dadurch gekennzeichnet, dass

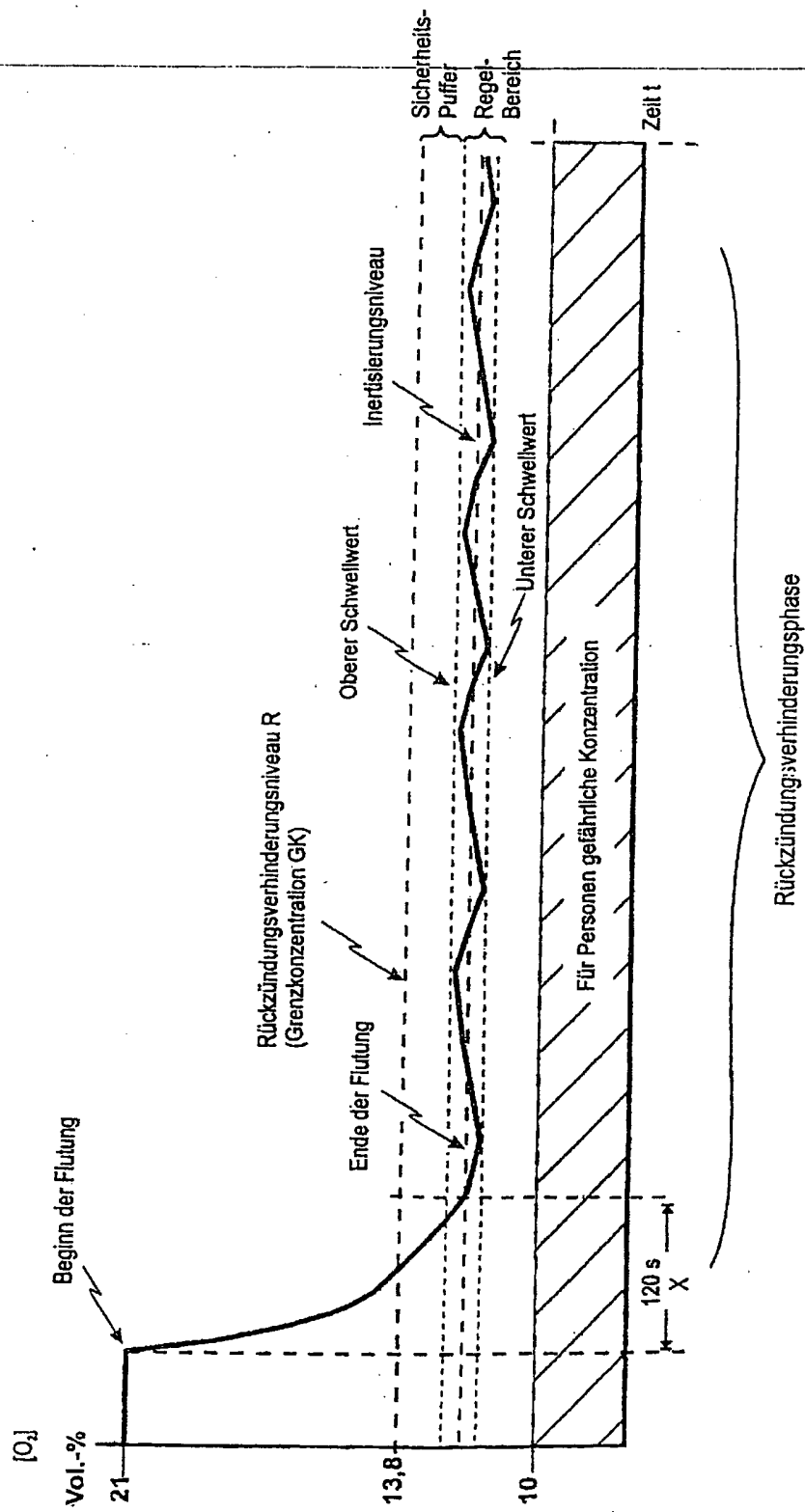
der zumindest eine Branddetektor ein Detektor zur Brandfrüherkennung ist.



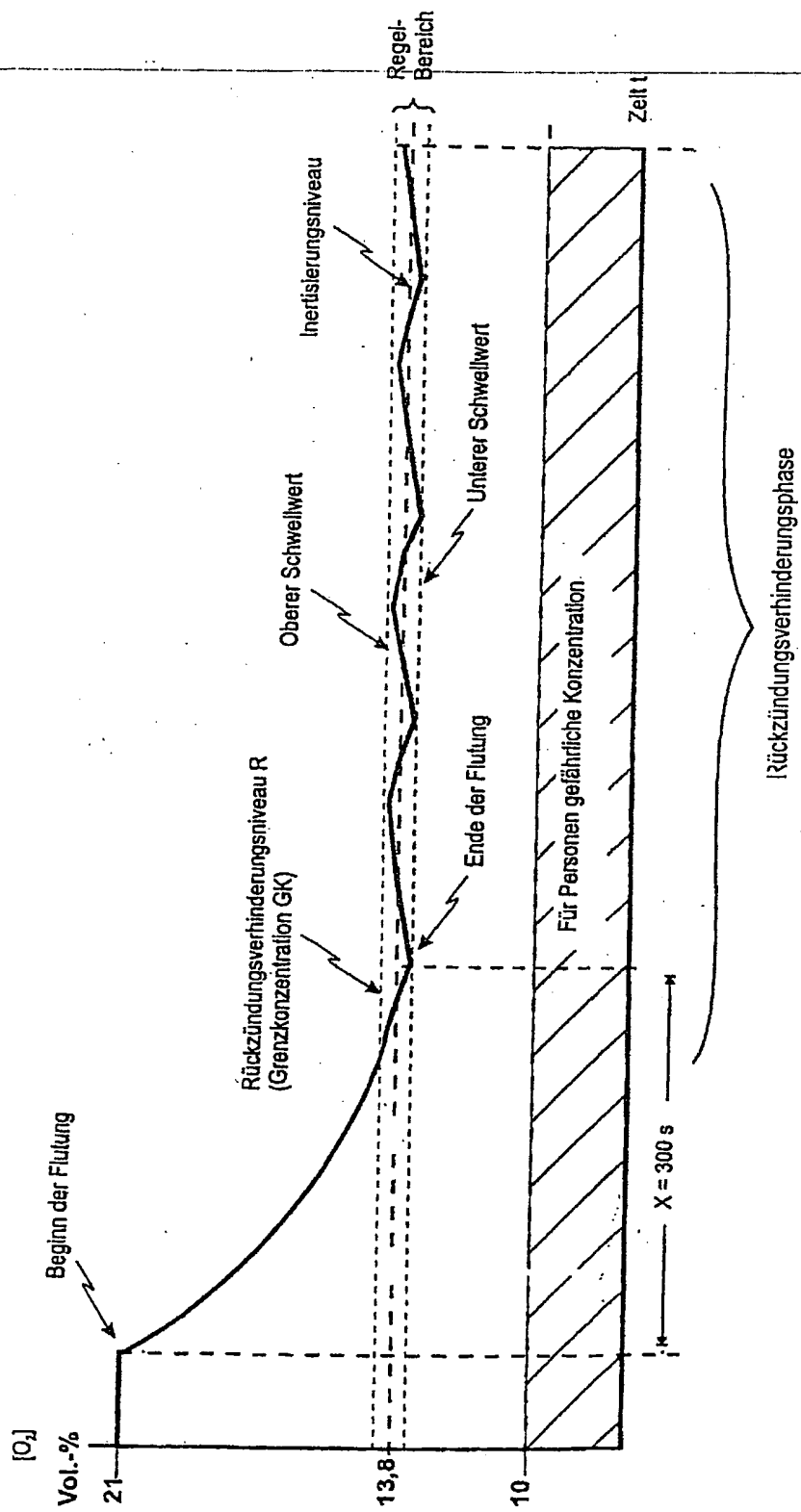
Figur 1



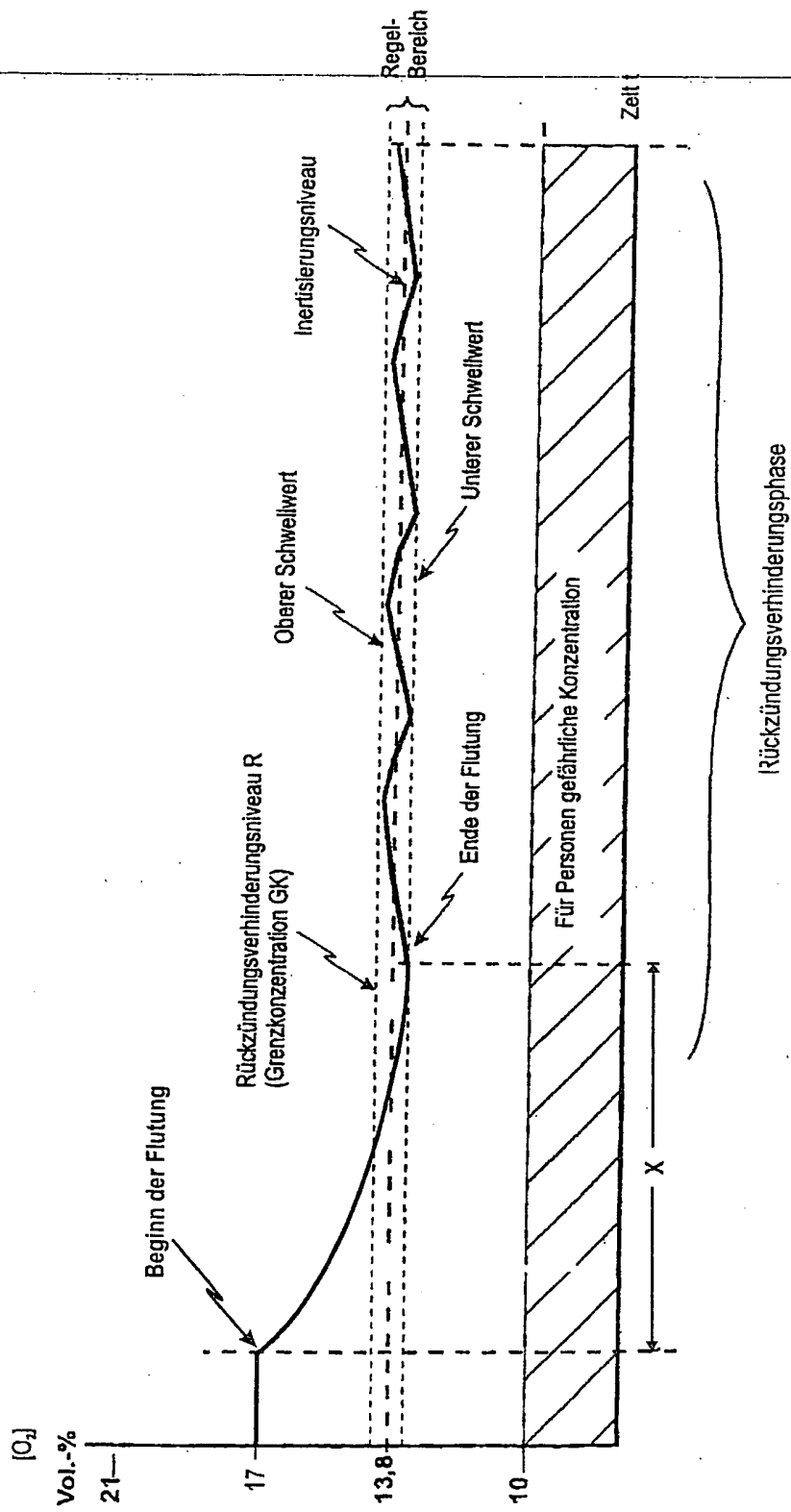
Figur 2



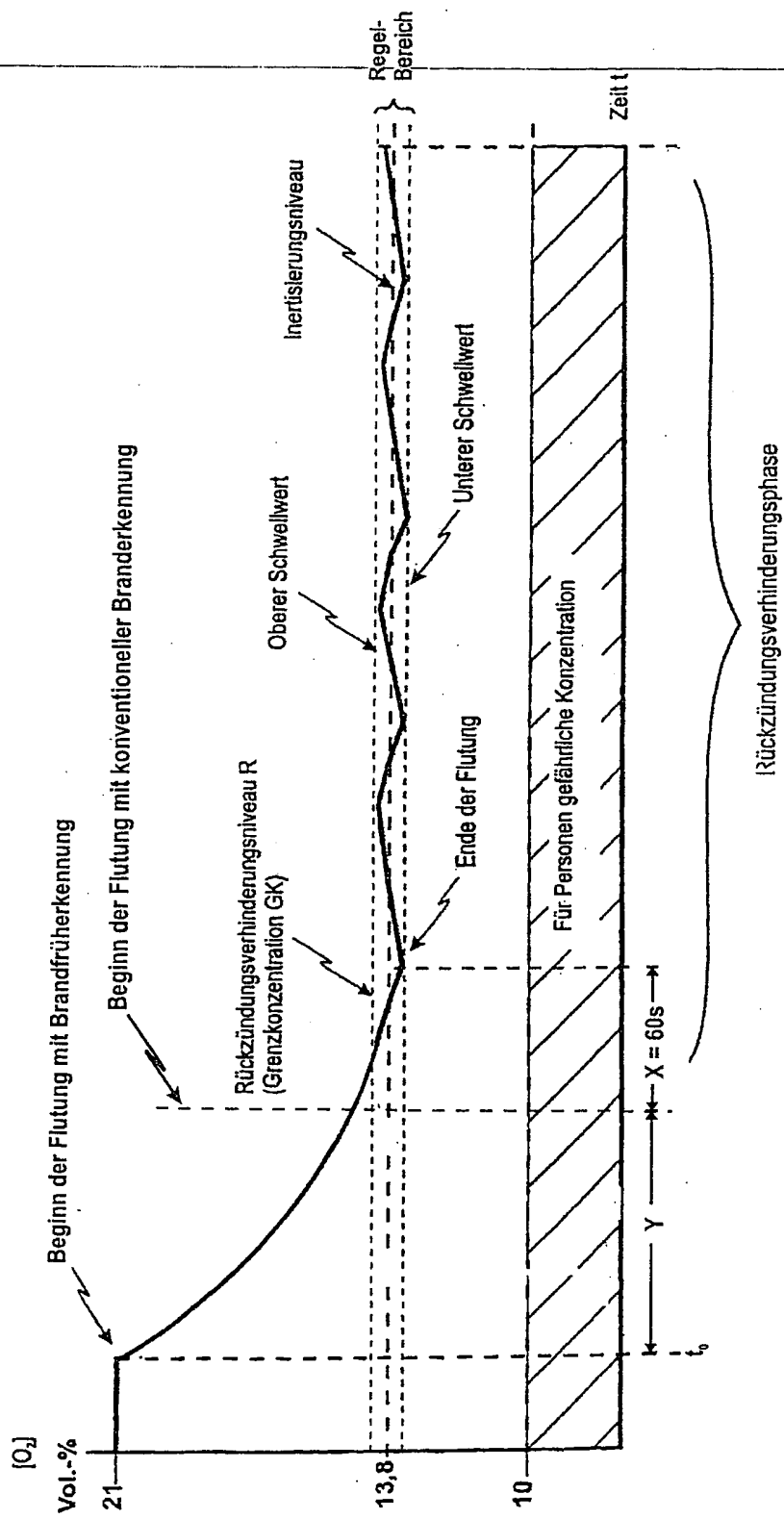
Figur 3



Figur 4



Figur 5



Figur 6

AMRONA AG
Untermüli 7
6302 Zug
Schweiz

29. Dezember 2004
M/AMR-017-PC
MB/RU/ck

"Inertisierungsverfahren und Vorrichtung zum Löschen eines Brandes"

Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Inertisierungsverfahren zum Löschen eines Brandes in einem umschlossenen Raum, bei welchem der Sauerstoffgehalt in dem umschlossenen Raum innerhalb einer vorgebbaren Zeit (x) auf ein bestimmtes Inertisierungsniveau abgesenkt wird, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens. Um eine möglichst genaue Auslegung der während des Inertisierungsverfahrens verwendeten Inertgasfeuerlöschanlage zu erreichen, und um insbesondere eine möglichst genaue Dimensionierung des bereitzustellenden Inertgases bei gleichzeitiger Einhaltung der zur Brandlöschung erforderlichen Brandbekämpfungsphase und Rückzündungsverhinderungsphase zu ermöglichen, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass das Inertisierungsniveau mit einem bestimmten Regelbereich auf dem Rückzündungsverhinderungsniveau gehalten wird.

(Fig. 3)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.